

ANALISIS PENGGUNAAN ADMIXTURE BERBAHAN DASAR NAPHTHALENE TERHADAP PENGGUNAAN PASIR PUTIH DAN PASIR HITAM DITINJAU DARI SETTING TIME

Oleh :

Iwan Mulyadin

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Nadia

Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: nd7988@yahoo.co.id

ABSTRAK: Dalam industri beton pracetak kecepatan waktu yang dibutuhkan untuk mengangkat sebuah produk sangat berpengaruh terhadap ketepatan penyelesaian suatu proyek. Kecepatan produk mencapai kuat tekan angkat sangat dipengaruhi oleh kualitas campuran dan kualitas material yang digunakan. Pasir merupakan salah satu material yang digunakan dalam penyusunan material beton tentunya memiliki peran sangat penting dalam menghasilkan kualitas beton yang diharapkan. Perbedaan karakter pasir akan menghasilkan karakter beton yang berbeda pula termasuk dalam mencapai kuat tekan angkat. Sedangkan Naphtalene adalah bahan admixture yang umumnya mampu mempercepat pengerasan beton tergantung dari jenis pasir dan kandungan organiknya. Hasil yang dicapai dalam campuran beton ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kuat tekan angkat pada beton yang menggunakan Pasir Putih lebih lama 4 jam dari beton yang menggunakan Pasir Hitam.

Kata Kunci : Naphtalene, Pasir putih (Pasir Silica), Pasir Hitam (Pasir Vulkanic), Setting Time.

ABSTRACT: In the precast concrete industry speed the time it takes to raise a significant influence on the accuracy of product completion of a project. Speed lift the product reaches the compressive strength is strongly influenced by the quality of the mix and quality of material used. Sand is one of the materials used in the preparation of the concrete material must have a significant role in generating the expected quality of the concrete. The difference in the character of the sand will produce different characters including concrete compressive strength in achieving lift. While Naphtalene Admixture is a material that is generally able to speed up concrete hardening depends on the type of sand and organic content. The results achieved in the concrete mix is the time required to achieve lift the compressive strength of concrete using White Sands longer 4 hours of concrete using the Vulkanic Sand.

Keywords : Naphtalene, Silica Sand, Vulkanic Sand, Setting Time

LATAR BELAKANG

Dewasa ini industri konstruksi beton precast/pracetak sudah banyak menjadi pilihan para designer. Pada beton precast mempunyai karakter yang sedikit berbeda dengan beton *cast in situ /ready mix*, salah satunya adalah pada beton pracetak harus memperhitungkan waktu setting guna kebutuhan finishing dan pengangkatan (*stripping*) dari produk beton pracetak tersebut.

Pasir sebagai salah satu material dalam pembuatan beton, tentunya sangat berpengaruh terhadap kualitas beton yang dihasilkan.

Dipasaran dikenal 2 jenis pasir yang biasa digunakan didalam campuran beton yaitu Pasir Putih (pasir silica) dan Pasir Hitam (pasir vulkanic). Kedua jenis pasir ini tentunya memiliki karakteristik yang berbeda baik secara kimia maupun secara fisik sehingga mempengaruhi terhadap karakteristik beton yang dihasilkan

IDENTIFIKASI MASALAH

Adapun karakteristik pasir yang dapat mempengaruhi kualitas dari beton diantaranya adalah:

1. Kandungan silica mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik beton.
2. Kadar Organik mempengaruhi *setting time* beton.
3. Kadar Lumpur mempengaruhi kuat tekan dan susut beton.
4. Gradasi atau kadar kehalusan mempengaruhi kebutuhan jumlah semen yang digunakan dan susut beton.
5. Penyerapan mempengaruhi kebutuhan jumlah air pengaduk dan *slump lost*.
6. Kekerasan mempengaruhi kuat tekan.

BATASAN MASALAH

Agar penelitian ini lebih terarah maka diperlukan batasan-batasan, yaitu sebagai berikut :

1. Mix design menggunakan metode ACI Modifikasi.
2. Target Kuat tekan beton adalah $F_c' 33 \text{ Mpa}$ atau setara dengan $K-400 \text{ Kg/cm}^2$.
3. Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC) type I merek "Tiga Roda" sebanyak 400 Kg per m^3 beton segar.
4. Water Ratio (W/C) yang digunakan adalah 42%.
5. Pasir Putih yang digunakan adalah pasir yang berasal dari tulang bawang, lampung dengan ukuran maksimal 4 mm.
6. Pasir Hitam yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Merapi, Jawa tengah dengan ukuran maksimal 4 mm.
7. Kerikil yang digunakan berasal dari Sidamanik, Jawa Barat dengan ukuran maksimal adalah 20 mm.
8. Air yang digunakan adalah Air tanah yang berasal dari pondok ungu bekasi dengan sumur bor.
9. Admixture yang digunakan dalam campuran adalah jenis larutan *sulphonated naphthalene formaldehyde condensates type High Range water Reducer Superplasticizers* dengan nama produk "Conplast SP 430" produksi

Fosroc dengan dosis 1 liter per 100 kg berat semen yang digunakan.

10. Pengujian *setting time* dilakukan dengan cara melakukan uji kuat tekan pada usia beton masih muda yaitu pada usia 16 jam, 18 jam, 20 jam dan 24 jam.
11. Sebagai kontrol pada mix composition maka dilakukan pengujian kuat tekan pada usia beton sudah mencapai 7 hari.
12. Pada setiap pengujian di buat 4 sampel sehingga total dibuat 40 sampel kubus $15 \times 15 \times 15 \text{ Cm}$.

PERUMUSAN MASALAH

Pada industri beton pracetak ketepatan pemilihan material pasir dan *admixture* sangat dibutuhkan karena selain kuat tekan di 28 hari, lama waktu *setting* juga harus di pertimbangkan, guna pengangkatan produk beton *precast*.

Pada beberapa kasus penambahan *admixture* khususnya yang berbahan dasar *naphthalene* tidak selamanya dapat mempercepat pengerasan, yang kemungkinan disebabkan dari kandungan kadar organik pada pasir.

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui efektifitas material yang digunakan ditinjau dari waktu pengangkatan produk beton pracetak.
2. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *admixture* jenis *High Range water Reducer Superplasticizers* berbahan dasar *naphthalene* terhadap Pasir Putih dan Pasir Hitam sebagai campuran beton ditinjau dari kuat *workability* dan *setting time*.
3. Sebagai bahan referensi bagi *engineer* beton dalam menentukan material yang akan digunakan untuk campuran beton.

LANDASAN TEORI

Umum

Beton merupakan batuan yang dihasilkan dari campuran agregat kasar, agregat halus dengan semen sebagai bahan pengikat yang merupakan hasil reaksi hidrasi dengan air dengan atau tanpa bahan tambah.

Di dunia konstruksi dikenal beberapa jenis beton yang dibedakan berdasarkan:

1. Berat Jenis⁽⁸⁾
 - a. Beton Ringan
 - b. Beton Normal
 - c. Beton Berat
2. Berdasarkan kelas⁽¹²⁾
 - a. Beton Kelas I
 - b. Beton kelas II
 - c. Beton kelas III
3. Berdasarkan sifat plastis.
 - a. Beton normal
 - b. Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)
4. Berdasarkan pembuatannya.
 - a. Beton cast in situ
 - b. Beton precast/pracetak

SIFAT-SIFAT BETON

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapat kualitas beton seperti yang diharapkan. Adapun sifat-sifat beton yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

1. *Workability* adalah merupakan sifat beton pada kondisi plastis, yang pengukurannya berdasarkan tingkat kemudahan pada saat dikerjakan.
2. *Bleeding* adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen.
3. Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton.
4. Kuat tekan adalah kemampuan beton menerima gaya tekan per satuan luas.
5. Kuat tarik yaitu berkisar 10% - 15% dari kuat tekannya.

6. Keawetan (*Durability*) merupakan lamanya waktu suatu struktur yang menggunakan material beton untuk dapat melayani atau menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut dalam waktu yang telah direncanakan.
7. Penyusutan adalah penurunan volume elemen beton ketika kehilangan kelembaban karena proses penguapan pada saat pengeringan yang kemungkinan besar dapat menyebabkan retak pada beton.
8. Rangkak (*Creep*) perubahan bentuk pada suatu konstruksi karena beban yang berkelanjutan.⁽⁸⁾.

KELEBIHAN BETON⁽¹⁰⁾ :

1. Beton memiliki nilai ekonomis.
2. Beton memiliki kuat tekan yang baik.
3. Beton memiliki keawetan yang cukup tinggi.
4. Beton dapat di bentuk sesuai dengan keinginan perencanaan.
5. Beton segar memungkinkan untuk dipompakan sehingga dapat ditempatkan pada tempat yang sulit.
6. Beton tahan terhadap aus dan terhadap kebakaran.

KEKURANGAN BETON⁽¹⁰⁾ :

1. Beton memiliki kuat tarik yang rendah sehingga penggunaannya pada struktur harus dibantu dengan menggunakan material baja pada daerah yang mengalami kuat tarik.
2. Beton mengalami muai susut karena perubahan suhu sehingga perlu dibuatkan *Expansion Joint* untuk mencegah terjadinya retakan.
3. Untuk mendapatkan beton sempurna harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti dan pengawasan yang ketat.
4. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja

tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

MATERIAL

1. Semen Portland

Semen adalah suatu zat pengikat yang dihasilkan dari proses pembakaran kapur. Semen terbagi kedalam 2 jenis, yaitu semen hidrolis dan semen non hidrolis. Semen Portland termasuk kedalam jenis semen hidraulis. ASTM C 150 mendefinisikan semen portland sebagai "semen hidrolik yang dihasilkan oleh penghancuran klinker dasarnya terdiri dari kalsium silikat hidrolik, biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai tambahan tanah".

2. Air

Dalam suatu campuran beton, air digunakan sebagai bahan untuk membuat reaksi hidrasi dengan semen sehingga campuran tersebut dapat mengikat semua komponen yang ada dalam campuran yang direncanakan. Pada umumnya air tawar yang dapat diminum dapat pula dijadikan campuran beton.

3. Agregat

Bahan penyusun beton yang paling banyak adalah agregat yaitu sekitar 75%. Oleh karena itu sifat agregat memiliki pengaruh besar terhadap sifat-sifat beton yang dihasilkan⁽⁸⁾. Agregat adalah material butiran yang bersifat keras dan kaku. Agregat penyusun beton dibagi kedalam dua jenis yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (Split)

Fungsi Agregat dalam beton adalah :

1. Menghasilkan beton yang murah
2. Menghemat penggunaan bahan perekat
3. Mengurangi susut pada beton sehingga membuat volume beton lebih stabil.
4. Meningkatkan kekuatan
5. Mengendalikan kemudahan dikerjakan
6. Dengan gradasi yang baik akan menjadikan beton padat.

Sifat-sifat agregat yang paling penting adalah⁽⁸⁾:

1. Gradasi atau ukuran butiran agregat
2. Bentuk permukaan agregat
3. Porositas, serta reaktivitas dengan semen.
4. Bersih yaitu agregat bebas dari kotoran seperti garam, tanah liat, kotoran, atau benda asing.

4. Admixture

Admixture adalah bahan tambah beton yang ditambahkan pada saat beton itu masing dalam proses pencampuran. Penambahan bahan tambah beton bertujuan untuk merubah sifat-sifat beton baik itu sifat beton segar tapi juga beton keras, sehingga mencapai tujuan pencampuran beton baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi struktur yang diantaranya adalah meningkatkan kemampuan kita untuk mengontrol waktu kerja, kemampuan kerja, kekuatan, dan ketahanan dari beton semen portland⁽¹¹⁾. *Admixture* dibagi kedalam 2 golongan yaitu:

a. Mineral Admixture⁽¹¹⁾

- Material cementitious
- Material pozzolanic
- Material pozzolanic dan cementitious
- Material inert

b. Chemical Admixture

- Air-Entraining (AEA)
- Water-Reducing
- *High Range water Reducer*
- *Superplasticizers* (HRWR)
- *Permeability Reducing*

ASTM membagi Admixture kedalam beberapa golongan yaitu⁽⁵⁾:

1. Type A, mengurangi air (*Water Reducer*)
2. Type B, memperlambat pengikatan (*Retarder*)
3. Type C, mempercepat pengikatan (*Accelerator*)
4. Type D, mengurangi air dan memperlambat pengikatan (A+B)

5. Type E, mengurangi air dan mempercepat pengikatan (A+C)
6. Type F, mengurangi air pencampur untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu (*Superplasticizer*)
7. Type G, mengurangi air pencampur untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan memperlambat pengikatan beton.

BETON PRACETAK

Beton pracetak adalah beton siap pakai yang biasanya di produksi secara pabrikasi/manufacturing. Adapun langkah-langkah membuat/memproduksi beton pracetak secara garis besar adalah:

1. Pembersihan meja dan cetakan/*mould*
2. Pemasangan Cetakan
3. *Oiling/Aplikasi Minyak Mould*
4. Setting pembesian dan Aksesoris
5. Pengecoran
6. Finishing Beton
7. Bongkar Cetakan/*Demolding*
8. Pengangkatan dan Penyetakan

PENCAMPURAN BETON

Dalam merancang campuran beton diperlukan 2 (dua) kelompok data, yaitu⁽¹⁾ :

1. Kelompok Data Pengguna dan Sifat Beton, data ini biasanya didapat dari perencana yang membuat bangunan atau struktur beton tersebut.
2. Kelompok Data Mengenai Bahan.

Secara umum dalam menyusun bahan campuran beton dikenal 2 metode, yaitu⁽¹⁾:

1. Cara yang disusun oleh ACI 211.1-91 (*Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*)
2. Cara yang disusun berdasarkan metode Inggris (*British Method Departement of the Environment Revised in 1988 (DoE) / SK SNI T - 15 - 1990-03.*)

HASIL PENGUJIAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap agregat yang akan digunakan dan dengan menggunakan metode pencampuran ACI 211.1-91, maka diperoleh komposisi campuran (material dalam kondisi SSD) sebagai berikut :

NO	JENIS MATERIAL	PASIR PUTIH (Kg)	PASIR HITAM (Kg)
1	Semen	400	400
2	Air	168	168
3	Split	990	930
4	Pasir	898,19	977,36
5	Admixture	4,72	4,72

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel yang telah dibuat, maka diperoleh data sebagai berikut:

1. Pasir Putih

No	Tanggal		Umur (jam)	Jam		Sample	Slump (Cm)	Berat (Kg)	Beban (Ton)	Kuat Tekan (Kg/Cm ²)
	Cor	Test		Cor	Test					
1	6-3-12	7-3-12	16	17:00	9:00	Cube 15 x 15 x 15 Cm	14	7,94	18,0	80,0
2			16		9:00		14	8,04	18,0	80,0
3			16		9:00		14	7,98	18,0	80,0
4			16		9:00		14	8,00	19,0	84,4
5	6-3-12	7-3-12	18	17:00	11:00	Cube 15 x 15 x 15 Cm	14	8,02	23,0	102,2
6			18		11:00		14	8,02	22,0	97,8
7			18		11:00		14	7,98	22,0	97,8
8			18		11:00		14	7,98	22,0	97,8
9	9-3-12	10-3-12	20	14:15	10:15	Cube 15 x 15 x 15 Cm	14	8,00	25,0	111,1
10			20		10:15		14	8,00	24,5	108,9
11			20		10:15		14	8,00	25,0	111,1
12			20		10:15		14	8,02	26,0	115,6
13	9-3-12	10-3-12	24	14:15	14:15	Cube 15 x 15 x 15 Cm	14	8,06	28,0	124,4
14			24		14:15		14	8,04	28,0	124,4
15			24		14:15		14	8,00	28,0	124,4
16			24		14:15		14	8,00	29,0	128,9
17	12-3-12	19-3-12	7 hari	15:30	11:00	Cube 15 x 15 x 15 Cm	14	8,00	85,0	377,8
18			7 hari		11:00		14	8,02	86,0	382,2
19			7 hari		11:00		14	7,98	85,0	377,8
20			7 hari		11:00		14	8,00	85,5	380,0

2. Pasir Hitam

No	Tanggal		Umur (jam)	Jam		Sample	Slump (Cm)	Berat (Kg)	Beban (Ton)	Kuat Tekan (Kg/Cm ²)
	Cor	Test		Cor	Test					
1	8-3-12	9-3-12	16	17:00	9:00	Cube 15 x 15 x 15 Cm	13	7,96	20	88,9
2			16		9:00		13	7,90	20	86,7
3			16		9:00		13	8,00	20	88,9
4			16		9:00		13	7,96	20	88,9
5	8-3-12	9-3-12	18	17:00	11:00	Cube 15 x 15 x 15 Cm	13	8,00	24	106,7
6			18		11:00		13	8,02	23	102,2
7			18		11:00		13	7,98	25	111,1
8			18		11:00		13	7,96	23	102,2
9	10-3-12	11-3-12	20	14:15	10:15	Cube 15 x 15 x 15 Cm	13	7,98	26	115,6
10			20		10:15		13	7,96	26	115,6
11			20		10:15		13	8,04	27	120,0
12			20		10:15		13	8,02	28	124,4
13	10-3-12	11-3-12	24	14:15	14:15	Cube 15 x 15 x 15 Cm	13	7,98	31	137,8
14			24		14:15		13	7,98	31	137,8
15			24		14:15		13	8,00	31	137,8
16			24		14:15		13	8,00	30	133,3
17	12-3-12	19-3-12	7 hari	14:00	10:00	Cube 15 x 15 x 15 Cm	13	7,96	84,0	373,3
18			7 hari		10:00		13	8,02	85,0	377,8
19			7 hari		10:00		13	8,00	84,5	375,6
20			7 hari		10:00		13	8,00	83,0	368,9

ANALISIS DATA

PASIR PUTIH

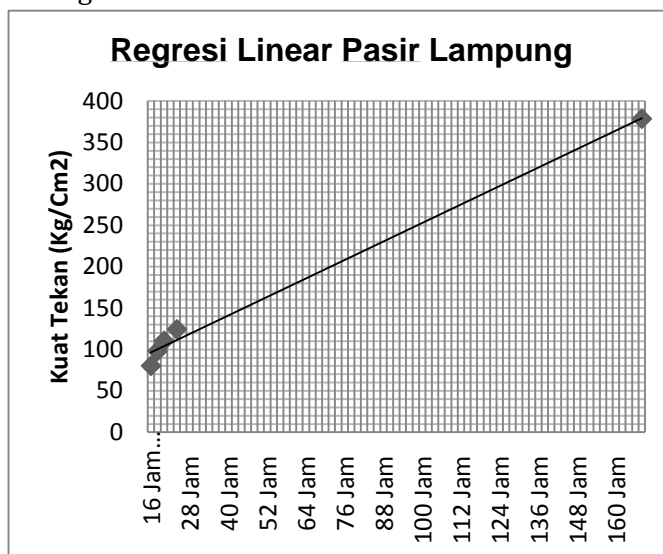
Interval Keyakinan

	Nilai μ untuk setiap Umur Pengujian				
	16 Jam	18 Jam	20 Jam	24 Jam	7 Hari
Interval Keyakinan Bawah	78,65	96,31	108,36	122,88	376,97
Interval Keyakinan Atas	83,353	101,489	114,987	128,173	381,928

Nilai Sampel

No	Kuat Tekan (kg/Cm ²)				
	16 Jam	18 Jam	20 Jam	24 Jam	7 Hari
1	80	97,8	111,1	124,4	377,8
2	80	97,8	108,9	124,4	377,8
3	80	97,8	111,1	124,4	380
Rata-Rata	80	97,8	110,3667	124,4	378,53

Regresi Linier



PASIR HITAM

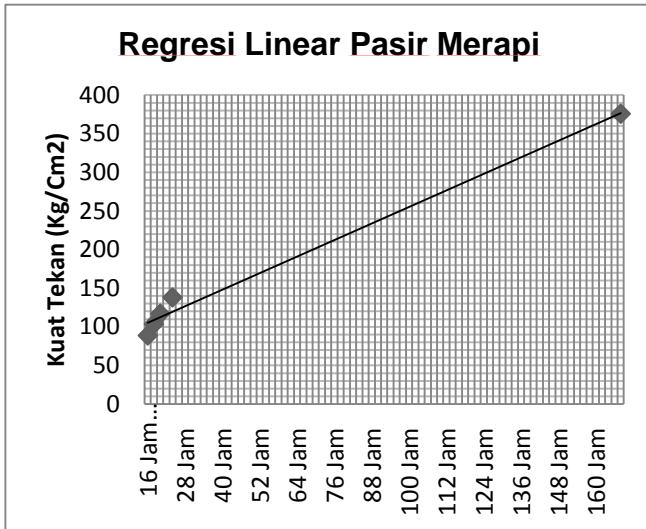
Interval Keyakinan

	Nilai μ untuk setiap Umur Pengujian				
	16 Jam	18 Jam	20 Jam	24 Jam	7 Hari
Interval Keyakinan Bawah	87,06	100,53	113,94	134,03	369,42
Interval Keyakinan Atas	89,644	110,569	123,857	139,323	378,379

Nilai Sampel

No	Kuat Tekan (kg/Cm ²)				
	16 Jam	18 Jam	20 Jam	24 Jam	7 Hari
1	88,9	106,7	115,6	137,8	373,3
2	88,9	102,2	115,6	137,8	377,8
3	88,9	102,2	120	137,8	375,6
Rata-Rata	88,9	103,7	117,07	137,8	375,57

Regresi Linier



Uji hipotesis

a. Workability

Hipotesa awal adalah Pasir Putih menghasilkan campuran dengan *workability* lebih bagus dari Pasir Hitam. Dari hasil pengukuran slump pada saat trial mix diperoleh:

- Slump untuk Pasir Putih adalah 14 Cm.
- Slump untuk Pasir Hitam adalah 13 Cm

Maka terjadi selisih tinggi *slump* 1 cm, dimana campuran yang menggunakan Pasir Putih menghasilkan *workability* lebih baik 1 cm daripada campuran yang menggunakan Pasir Hitam.

b. Waktu Setting

Hipotesa awal adalah Pasir Putih menghasilkan waktu setting yang lebih lama dibandingkan dengan Pasir Hitam. Kuat Tekan yang dibutuhkan untuk Pengangkatan⁽¹³⁾

Kuat Tekan Angkat = 40 % Kuat Tekan Rencana

Kuat Tekan Angkat = 40% x 400 Kg/Cm²

Kuat Tekan Angkat = 160,00 Kg/Cm²

Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kuat tekan angkat, Dari grafik regresi linear diperoleh:

- Campuran yang menggunakan Pasir Putih untuk mendapatkan kuat tekan 160 kg/Cm² membutuhkan waktu 50 jam.
- Campuran yang menggunakan Pasir Hitam untuk mendapatkan kuat tekan 160 kg/Cm² membutuhkan waktu 46 jam

Maka terjadi selisih waktu angkat 4 jam dimana campuran yang menggunakan Pasir Hitam dapat di angkat lebih cepat 4 jam dari campuran yang menggunakan Pasir Putih.

c. Kuat Tekan

Hipotesa awal adalah Kuat Tekan Pasir Putih menghasilkan kuat tekan umur 28 hari lebih baik dibandingkan dengan Pasir Hitam.

Dari hasil pengujian kuat tekan pada usia 7 hari diperoleh kuat tekan untuk masing-masing campuran adalah:

- Campuran yang menggunakan Pasir Putih adalah 378,53 Kg/Cm².
- Campuran yang menggunakan Pasir Hitam adalah 375,567 Kg/Cm².

Berdasarkan peraturan PBI '71 tabel 4.1.4 tentang kuat tekan beton, bahwa kuat tekan beton pada usia 7 hari adalah 65% dari kuat tekan umur 28 hari, maka diperoleh:

- Kuat tekan pada umur 28 hari untuk campuran yang menggunakan Pasir Putih adalah $K_{28} = \frac{378,53}{0,65} = 582,35 \text{ Kg/Cm}^2$.
- Kuat tekan pada umur 28 hari untuk campuran yang menggunakan Pasir Hitam adalah $K_{28} = \frac{375,567}{0,65} = 577,795 \text{ Kg/Cm}^2$.

Terdapat selisih kuat tekan, dimana campuran yang menggunakan Pasir Putih menghasilkan kuat tekan lebih tinggi 4,555 Kg/Cm².

KESIMPULAN

Setting Time Produksi Beton Pracetak

Pada industri beton pracetak untuk mencapai kuat tekan minimum pengangkatan produk

penggunaan Pasir Hitam membutuhkan waktu lebih cepat 4 jam dibandingkan dengan penggunaan Pasir Putih, sehingga produk dengan campuran beton yang menggunakan Pasir Hitam bisa diangkat lebih cepat 4 jam dari pada produk dengan campuran yang menggunakan Pasir Putih.

Workability

Selisih *workability* yang dihasilkan oleh kedua campuran dengan pengujian slump adalah 1 Cm, dimana Pasir Putih menghasilkan *workability* lebih baik dari pada Pasir Hitam.

Kuat Tekan Beton

Campuran beton yang menggunakan Pasir Putih menghasilkan kuat tekan 28 hari lebih tinggi 4,555 Kg/Cm² dari pada campuran yang menggunakan Pasir Putih, dimana kuat tekan yang dihasilkan oleh kedua campuran adalah:

1. Pasir Putih $K_{28} = 582,35 \text{ Kg/Cm}^2$.
2. Pasir Hitam $K_{28} = 577,795 \text{ Kg/Cm}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) A. Subagdja, Ir. MT, *Rancangan Campuran Beton Normal Metode ACI dan DoE Revised*, Agustus 2004
- (2) ACI 212-3R-4, *Chemical Admixture For Concrete*, 2004
- (3) ACI 363R-92, *State of the Art Report on High Strength Concrete*, 1997
- (4) ASTM C 150-02a, *Standart Specification For Portland Cement*, 2002
- (5) ASTM C 33-03, *Standart Specification For Concrete Agregat*, 2003
- (6) ASTM C 494/C494M-99a, *Standart Specification For Chemical Admixtures For Concrete*, 1999
- (7) *Digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10030-Paper.pdf*
- (8) Edward G. Nawy, *Concrete Construction Engineering Handbook*, 2nd ed., Ch. 12. Longman, United Kingdom, 2008.
- (9) <http://en.wikipedia.org/wiki/Naphthalene>
- (10) <http://rumahdangriya.blogspot.com/2011/07/bagaimana-cara-membuat-beton-iii-sifat.html>
- (11) <http://sasonov.wordpress.com/2008/02/02/teknologi-additive-dan-admixture/>
- (12) PBI 71, *Peraturan Beton Bertulang Indonsia*, Departement Pekerjaan Umum, 1971
- (13) SK-SNI 03-1990-03, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Yayasan LPMB, Bandung, 1990
- (14) Supranto, J, *Statistik. Teori dan Aplikasi. Jilid 2 Ed. 5*, Erlangga Jakarta 1988